

A

SCHWERDT-FÉLE COMPARATOR

MÓDOSÍTOTT ALKALMAZÁSA.

KRUSPÉR ISTVÁN,

LEV. TAGTÓL.

Benyújtott az 1868. június 15-ki ülésben.

PEST,

EGGENBERGER NÁNDOR MAGY. AKAD. KÖNYVÁROSNAI.

1869.

NYOMATOTT AZ „ATHENAEUM” NYOMDÁJÁBAN.

A Schwerdt-féle comparator módosított alkalmazása.

Kruspér Istvántól.

I.

1822-ben Schwerdt, lyceumi tanár Speyerben egy munkácskát adott ki, ezen czim alatt: „Die kleine Speyerer Basis“, melynek czélja volt, megmutatni, hogy az országos és fokméréseknél kisebb, csak néhány száz öl hosszú, közvetlenül megmért alapvonalból jobb eredménynyel lehet kiindulni, mint a szokásban levő, 3—4 ezer hosszú alapvonalból; mivel az elsőt egy két nap alatt könnyen, s kedvezőbb körülmények közt lehet megmérni, mint az utóbbit, mely több heti munkát igényel's félbeszakasztás nélkül egy húzomban ritkán hajtható végre. Ezen munka, melyről Bessel is a maga „Gradmessung in Ostpreussen“ czimű classikus munkájában elismeréssel emlékezik, világos tanúbizonysága annak, hogy minő kevés eszközzel képes a valódi tudomány a legnehezebb feladatokhoz is hozzászólani, úgy hogy a szerény lyceumi, matematikai tanár, az ő csekély segéd eszközeinek kellő alkalmazása által, képes volt a bajor országos mérés alapvonalának meghatározását szigorú bírálat alá venni, s ezen országos költségen létesített munkának becsét nemcsak subjectiv felfogás, hanem tények alapján a kellő mértékben felvilágosítani.

Schwerdt mérőrúdjai 4 méter hosszúak voltak, vashól készítve, végükön felváltva függélyes és vízszintes irányban ék-alakra metszve, és fa-tokba foglalva, hogy a lég-hőmérsék rohamos változásának befolyásától lehetőleg óva legyenek, s

a rudak hosszainak egymással való összehasonlítására, valamint abszolút értékeik meghatározására épen oly elmés, mint egyszerű, s mindamellett nagy pontosságot ígérő készüléket (Comparator) használt, melyet más esetekben is előnyösen lehet alkalmazni. Ezen mérték-összehasonlító készülék állott, a lyceum kertjében árnyékos helyen, a földbe ásott két kőoszlopból, melyeknek tetején egy-egy vasradacska volt megerősítve, ezekből pedig oldalt egymás felé fordulva, szintén felváltva vízszintes és függélyes élű, ék-alakú darabok nyúltak ki. Ezen éleknek egymástól való távolsága kissé meghaladta a mérőrud hosszát, úgy hogy ha az, az élek közé beállítottatott oly módon, hogy függélyes éllel mindig vízszintes állott szemben: a közöttök levő hézagot egy hosszú, nyúlánk, aczélból készült ékkel, melynek lapos oldalára egyenletes beosztás volt róva, meglehetett mérni. Ha a mérőrudak egymásután a comparatorra tételnek, s a hézagok megmérétnék, ezeknek különbségei a mérőrudak hosszainak különbségeivel egyenlők, mivel a comparator ék-éleinek távolságát hosszabb ideig változtatlanul lehet tekinteni. Így tehát a mérőrudak hosszait, egyikével közölők ki lehet fejezni, s ennek abszolút értéke meghatározására csak az szükséges, hogy a mérőrudon kívül még egy eredeti mértékrúd (etalon) hossza is összehasonlíttassék a comparator ék-élei távolságával. Schwerdt etalonja egy méter hosszú volt, ezt tehát 3-szor kellett egymás után eltolni, hogy az a comparator ék-hézagával összehasonlítható legyen, s a különbséget a mérő ékkel meg lehessen határozni. Ezen eltolást ő oly módon eszközölte, hogy a méter rudat a comparator ék-élei közé helyezvén, a hézagot az egyik végén az aczél ékkel megmérte, a rúd másik végéhez pedig egy egyenes élű fémlemez az érintésig közelített. Ekkor a rudat helyéből elvévén, helyébe a lemez mellé egy másik szintén egyenes élű lemezt szorított. Ilyeténképen ezen második lemez éle a rúd végének helyét pótolta. Ehhez most a rúd végét ismét az érintésig közelítette, s a munkát a másik végén az előbbi rendben ismételte. Végre a harmadik eltolás után a rúd vége és a comparator ék-éle között lévő hézagot az aczél ékkel szintén megmérte.

II.

Én sz. k. Pest város hatósága által a folyamatban lévő felmérések megvizsgálására kiküldött bizottság tagjává választatván, s ezen munkálatok alkalmával egy próbavonal mérését is eszközölni szándékozván, oly mérőrúd-készüléket készíttettem, melynek szerkezetében a Schwerdt-féle mérőrúdat vettem mintául. Ezen 2 öl hosszú rudak fából vannak készítve, közepén 2", a két végen pedig 1" magasak, veres öntvénynyel be vannak borítva, hogy az elkopásnak jobban ellentálljanak, s ék-alakra metszvék. Ezen rudak abszolút hosszainak meghatározása a Pest-Budán rendelkezésünkre álló segédeszközök csekély volta miatt némi nehézséggel járt. Ugyan is a működő mérnöknek a szerződés szerint egy mértföld hosszu vonalra csak egy láb hiba, azaz: az egész vonalnak $\frac{1}{24000}$ -ed része lévén megengedve, szűkség volt a mérőrúdat is olyan pontosan meghatározni, hogy azoknak hossza az egésznek $\frac{1}{24000}$ részéig biztos legyen, vagyis a rudak hosszában $\frac{2}{24000}$ ölet $= \frac{6}{1000}$ hüvelyket nem volt szabad hibázni. Ez olyan kis mennyiség, hogy annak kipuhatolására a közönséges életben alkalmazásban lévő mértékek teljesen elégtelenek, s bizonyos szörszálhasogatásig érő szigorúság kívántatik ahhoz, hogy azon kis hibát biztosan felismerni, constatalni lehessen. Mértékül tehát egy, a k. József müegyetem gyűjteményében lévő, 3 bécsi láb hosszú etalont vettem, melyben még leginkább lehetett bízni, mivel az a bécsi müegyetem comparatorjával össze van hasonlítva, s a mint rá vésve látszik, 15° Réaum. hőmérséknél van meg az igazi hossza. De ezen etalonon a mérték végei vonásokkal vannak megjelölve, mi a nehézséget még inkább növelte, minthogy a mérőrúdat végeit a rudak hossztengeleiben, az élek közepében kell gondolnunk. Egyszerű rudas körzőkkel levenni a mértéket az etalonról, és a rúdra áttenni nem ígért elegendő pontosságot, mivel az etalonról le vett mérték 1—2 ezered hüvelykig hibás lehet, a nélkül hogy azt látni lehetne, s ezen mérték négyszer tétetvén fel

egymásután a rúd, a hibák bizonyosan sommázódtak, s ez által a rudak hosszában olyan bizonytalanság maradt volna, mely a mérési feltételek által előszabott határt áthágta volna, tehát a rudak a működő mérnök munkájának ellenőrzésére alkalmas eszközül nem szolgálhattak volna. Én tehát a rudak összehasonlítására egy comparatort készíttettem, melynél szintén Schwerdt elvei szolgáltak zsinórmértékül, azon különbséggel, hogy én

1) a hézagok mérésére ék helyett egy már a gyűjtemény birtokában lévő nonius-léptéket használtam, melyen

$\frac{1}{1000}$ -ed rész hüvelyket biztosan, sőt egy közönséges 3—4-szer nagyító, úgynevezett *órás nagyító üveg* segítségével még $\frac{5}{10000}$ -ed rész hüvelyket is le lehet olvasni.

2) A háromszori eltolás nehézségeinek kikerülése végett még egy öl hosszú vasrudat készíttettem, úgy hogy annak hossza a mérő rudéhoz körülbelül olyan viszonyban áll, mint az eredeti etalon hossza a vasrudéhoz. Ezen rúd végét a hossz tengelyre merőlegesen álló síkok képezik, s a mérték a tengely hosszában gondolandó. E rúd a mérő rúddal, valamint az etalonnal a vasrúddal való összehasonlítása tehát ugyanazon módon, s ugyanazon skála által eszközölhető.

A comparator (lásd az ábrát a füzet végén) egy 6" magas, 3" széles, 1" vastag deszkákból csinált facsöböl áll, mely egyszersmind a mérő rudaknak tokja gyanánt szolgál. Ez a rudaknak felrakására oly erős és merev talapot szolgáltat, hogy annak ártalmas, s a mérés pontosságára befolyásos áthajlásától félni nem lehet, s elég rossz melegvezető anyagból van készülve, hogy a hőmérsék változását azon néhány percz alatt, a meddig az összehasonlítás tart, meg ne érezze. Ennek felső lapján, a rúd tengelyével egyenlő magasságban, s két ölnél kissé nagyobb távolban, két ék van, az egyik a cső lapjával párhuzamosan, a másik arra merőlegesen van megerősítve; (nevezzük ezeket *a* és *b*-nek). A nonius lépték a comparator közepén foglal helyet, s a mérő rudak,

valamint a vasrúd közepén egy-egy kiálló peczek van meg erősítve, melyhez a nonius orrát érintkezésig lehet tolni. Ez biztosabb beállítást szolgáltat, mintha a noniust valamely felrajzolt vagy bemetszett vonásra kellene beállítani. Hasonló ékek — monjuk c és d — vannak még, de csak egy ölnél valamivel nagyobb távolban, az előbbi mellé helyezve; ezek a vasrúdnak az etalonnali összehasonlítására szolgálnak, azon különbséggel, hogy ezeknél az éleknek nem kell szükségképpen keresztkben állani egymásra, mivel mind a két összehasonlítandó rúd siklapokban végződik.

III. A mérés folyamata következő:

a) Az etalont a c , d élek közé, párhuzamos fekvésbe helyezvén, oly módon, hogy annak egyik véglapja, melyet (1)-el akarunk jelölni, a c élt gyengéden érintse, a második véglaphoz (2) a nonius orrát hozzá toljuk, s a nonius állását a léptéken leolvassuk. Legyen ez m_1 . Ezután az etalont megfordítván, hogy annak (1) vége, mely a c felé volt fordulva, most d -vel jöjjön érintkezésbe, s a (2) végéhez, vízszintes fekvésben, egy egyenes vonaszt illesztvén, a nonius orrát ennek éléig előre toljuk, s a noniust ismét leolvassuk. Legyen ez m_2 . Most az etalont ismét megfordítjuk úgy, hogy annak (2) vége jöjjön d -vel érintkezésbe, s az (1) végéhez ismét egy vonaszt illesztvén, a nonius orrát a vonasz éléig előre toljuk s a nonius állását m_3 leolvassuk, végre az etalont ismét megfordítván, annak (2) végét hozzuk a c éllel érintkezésbe, s a nonius orrát a (1) végéhez tolván, a nonius állását m_4 leolvassuk. Ilyeténképen az etalonnak mind a két vége mind a két éllel, s a nonius orrával érintkezésbe hozatván, a véglapok hibás alakjából eredő hibák a középből ki esnek, s a végeredmény az etalon közép vonalára vonatkozik.

b) Most az etalont a comparatorról levévén, a vasrudat tesszük helyébe, s annak (1) végét a c élhez illesztvén, a nonius orrát a rúd közepén lévő peczekhez toljuk, s a nonius állását leolvassuk. Legyen ez m_5 . Ezután a rudat eltolván, míg annak (2) vége a d élt érinti, a nonius orrát a peczeknek ugyanazon oldalához toljuk, s annak állását m_6 leolvassuk. Most a rudat felfordítjuk, hogy annak végei helyet cserélje-

nek, s a műtételt mind a két élre nézve ismételjük; a leolvasások lesznek m_7 és m_8 . Ezután a rudat megfordítjuk, úgy hogy annak hátulsó oldala előre forduljon, s az előbb leírt méréseket ellenkező rendben ismételvén, még 4 új leolvasást $m_9, m_{10}, m_{11}, m_{12}$ nyerünk. Ezen műtétel szerint a vasrúdnak mindkét vége minden lehető módon érintkezésbe hozatván mind a két éllel, a mérésekből nyert közép értékek a rúd tengelyére fognak vonatkozni, s a véglapok alakjában létező kis hibácskák a végeredményből ki fognak esni.

c) Végre a vasrudat a comparatorról levévén, ismét az etalont tesszük helyébe, s az a) alatt leírt mérést ismételjük. Ebből 4 új leolvasást kapunk, u. m. $m_{13}, m_{14}, m_{15}, m_{16}$. Munka közben, eleitől fogva, a rudak hőmérsékét egy érzékeny hőmérőn időről időre észlelni kell, s ezen utolsó etalon-észlelésnek czélja nem más, mint a hőmérsék időközben beállott változásának befolyását az eredményből kiküszöbölni. Mert azon feltétel alatt, hogy a hőmérsék változása csak lassan, s egyenletesen ment véghez, s a mérés folyamata is egyenletesen, minden szükség feletti szünetelés nélkül történt, a számtani középeket a lefolyt idő közepére, illetőleg a közép hőmérsékre vonatkozóknak lehet tekinteni.

Ezen 16 leolvasásból most az etalon, és a vasrúd hosszai közötti viszonyt következő módon lehet kifejtteni. Nevezzük a c, d élek közötti tért, melyet munka közben változatlanak kell tekintenünk J ; az etalon hosszát E ; a rúd hosszát R -nek: akkor az élek közötti táv egyenlő az etalon véglapjai közötti táv kettős értékével, hozzá adván az etalon két belső vége közötti hézagot.

Ezen hézag értékei az etalon különböző fekvésében, egy kissé különbözők lehetnek egymástól, nevezzük

$$m_1 - m_2 = h_1$$

$$m_1 - m_3 = h_2$$

$$m_{13} - m_{11} = h_3$$

$$m_{16} - m_{13} = h_4\text{-nek}$$

Ezekből középet kell venni. Lesz tehát

$$J = 2E + \frac{1}{4} \Sigma(h)$$

hol a Σ az ösmeretes összeg jelvényét jelenti.

Az élek közötti táv továbbá egyenlő a vasrúd hosszával, hozzá adván azon kis hézagot, mely a rúd vége és az ék éle közt foglaltatik. Ezen hézagnak értékei a rúd különböző fekvése szerint egy kissé különbözőknek találhatnak, s ha azokat rendre

$$m_5 - m_6 = k_1$$

$$m_8 - m_7 = k_2$$

$$m_9 - m_{10} = k_3$$

$$m_{12} - m_{11} = k_4 \text{-nek}$$

nevezzük, a közép lesz $= \frac{1}{4} \Sigma(k)$, és ezzel

$$J = R + \frac{1}{4} \Sigma(k)$$

t^0 hőmérséknél, mely mind az etalon, mind a vasrúdra nézve egyaránt érvényes. Nevezzük az etalon hosszát 15^0 R. hőfoknál, mely reá nézve normalis hőmérsék, E_0 -nak, a kiterjedési együtthatót α -nak, akkor

$$E = E_0 + E_0 \alpha (t^0 - 15)$$

a többi tagok az R egyenletében olyan csekély hosszakat jelentenek, hogy a hőmérsék változása azokban még nem érezhető; ennél fogva a vasrúd hossza t^0 Réaumur-nél

$$R_t = 2E_0 + 2E_0 \alpha (t^0 - 15) + \frac{1}{4} \Sigma(h) - \frac{1}{4} \Sigma(k).$$

IV. A mi az etalonra és vasrúdra nézve áll, áll a vasrúdra és a farudakra nézve is azon különbséggel, hogy az összehasonlítás most az a és b élek közt történik, a vasrúd kiterjedési együtthatója más, mint az etaloné, s a hőmérsék is más lehet, mint az etalonnali összehasonlítás idejében. Legelőbb a vasrúd tétetik fel a comparatorra, s annak négyféle különböző fekvésének megfelelő nonius állások leolvastatnak; innen négy hézagot nyerünk, melyek egymástól egy kissé különbözők lehetnek. Azután az I és II rudak következnek s a munka ellenkező rendben ismételtetik. Ha most a farudak hosszát I és II, a hézagokat, nevezetesen a vasrúdnál $l_1, l_2, l_3, l_4, l_5, l_6, l_7, l_8$, az I mérőrudnál p_1, p_2, \dots a II-nél pedig q_1, q_2, \dots a vasrúd hőmérsékét T -nek, kiterjedési együtthatóját β -nak nevezzük, akkor az előbbi kifejtés nyomán következő egyenlethez jutunk:

$$I = 2R_t + 2R_t \beta (T - t) + \frac{1}{8} \Sigma(l) - \frac{1}{2} \Sigma(p)$$

$$II = 2R_t + 2R_t \beta (T - t) + \frac{1}{8} \Sigma(l) - \frac{1}{2} \Sigma(q)$$

Helyettesítsük ezen képletekbe az R_t fennebb talált

értékét, s akkor elhanyagolván azon tagokat, melyek kicsiny-ségük miatt a megengedhető mérési hiba határát még át nem hágják, s ezek közé számlálhatjuk a hézagok kiterjedési változásait, lesz :

$$I = 4E_0 + 4E_0 \alpha (t^0 - 15) + 2 \left\{ \frac{\Sigma(h)}{4} - \frac{\Sigma(k)}{4} \right\} +$$

$$4E_0 \beta (T^0 - t^0) + \frac{\Sigma(l)}{8} - \frac{\Sigma(p)}{2}$$

$$II = 4E_0 + 4E_0 \alpha (t^0 - 15) + 2 \left\{ \frac{\Sigma(h)}{4} - \frac{\Sigma(k)}{4} \right\} +$$

$$4E_0 \beta (T^0 - t^0) + \frac{\Sigma(l)}{8} - \frac{\Sigma(q)}{2}$$

Ezen kifejezésekben E_0 az etalonnak a két véglap közötti — s a rúd felületének közepén mért — hosszát jelenti 15^0 hőmérséknel, ez pedig a vonások közt lévő mértékből, mely = 3 bécsi láb, és azon két darabka összegeből áll, melyek a vonások és a véglapok közt foglaltatnak. Ez utóbbiakat tehát még utólagosan meg kell mérni, s e célra a műegyetem gyűjteményében lévő hossz-osztó gépet használtam.

A formulából látszik, hogy az etalon hosszában lévő, valamely hiba a mérőrúd hosszára a legnagyobb befolyást gyakorolja, mert az E_0 együtthatója a legnagyobb, u. m. 4-gyel, utána következnek a h és k hézagok, melyek 2-vel szorozva jönnek elő a képletben, a többi hézagok befolyása csekélyebb. Legnagyobb gondot kell tehát az etalon hosszára fordítani, noha ezen segíteni nem lehet; mert az már adott mennyiség. Csak annyit lehet tennünk, hogy meg nem bízható etalonnal a mérőrudat összehasonlítani nem szabad, mert az annak hosszában lévő hiba 4-szeresen fog a mérő-rúd megmérésébe átlántáztatni. A h és k hézagok mérésében ejthető hibát az ismétlések sokasítása által kell hatástalanná tenni. Tudván, hogy a számtani közép valószínű hibája az ismétlések négyzet-gyök viszonyában kisebbedik, ha azt akarjuk, hogy a h és k befolyása az l és p hatását meg ne haladja, akkor közép hibáit felényire kell leszállítani, mint az l és p hibái: tehát az etalon és vasrúd összehasonlítását 4-szer kell ismételni minden egyes észlelésre, mely a vasrúd és a mérőrudak közt tétetett.

A mérések következő táblában vannak összeállítva

1. mérés Junius 10-én. $t = 19.^{\circ}6$ R.

E	$m_1 = 12^{\circ}022$	$m_2 = 12^{\circ}440$	$h_1 = -0.418$	
	$m_4 = 12^{\circ}018$	$m_3 = 12^{\circ}436$	$h_2 = -0.418$	
R	$m_5 = 12^{\circ}574$	$m_6 = 11^{\circ}792$	. . .	$k_1 = 0.7815$
	$m_8 = 12^{\circ}561$	$m_7 = 11^{\circ}781$	. . .	$k_2 = 0.7805$
	$m_9 = 12^{\circ}540$	$m_{10} = 11^{\circ}759$	. . .	$k_3 = 0.781$
	$m_{12} = 12^{\circ}527$	$m_{11} = 11^{\circ}746$	. . .	$k_3 = 0.781$
E	$m_{13} = 12^{\circ}014$	$m_{14} = 12^{\circ}433$	$h_3 = -0.419$	
	$m_{16} = 12^{\circ}015$	$m_{15} = 12^{\circ}431$	$h_4 = -0.416$	
$\frac{\Sigma(h)}{4} = -0''.4178$				$\frac{\Sigma(k)}{4} = 0''.7810$

2. mérés Junius 12-én. $t = 19.^{\circ}6$ R.

E	$m_1 = 11^{\circ}927$	$m_2 = 12^{\circ}344$	$h_1 = -0.417$	
	$m_4 = 11^{\circ}929$	$m_3 = 12^{\circ}350$	$h_2 = -0.421$	
R	$m_5 = 12^{\circ}457$	$m_6 = 11^{\circ}676$	. . .	$k_7 = 0.781$
	$m_8 = 12^{\circ}444$	$m_7 = 11^{\circ}662$	. . .	$k_2 = 0.782$
	$m_9 = 12^{\circ}490$	$m_{10} = 11^{\circ}709$	. . .	$k_2 = 0.781$
	$m_{12} = 12^{\circ}478$	$m_{11} = 11^{\circ}698$	. . .	$k_4 = 0.780$
E	$m_{13} = 11^{\circ}940$	$m_{14} = 12^{\circ}353$	$h_3 = -0.413$	
	$m_{16} = 11^{\circ}935$	$m_{15} = 12^{\circ}354$	$h_4 = -0.419$	
$\frac{\Sigma(h)}{4} = -0''.4176$				$\frac{\Sigma(k)}{2} = 0''.7810$

3. mérés Junius 13-án. $t = 19.^{\circ}7$ R.

E	$m_1 = 11^{\circ}939$	$m_2 = 12^{\circ}853$	$h_1 = -0.414$	
	$m_4 = 11^{\circ}940$	$m_3 = 12^{\circ}354$	$h_2 = -0.414$	
R	$m_5 = 12^{\circ}486$	$m_6 = 11^{\circ}705$	. . .	$k_1 = 0.781$
	$m_8 = 12^{\circ}498$	$m_7 = 11^{\circ}716$	. . .	$k_2 = 0.782$
	$m_9 = 13^{\circ}452$	$m_{10} = 11^{\circ}671$	. . .	$k_3 = 0.781$
	$m_{12} = 12^{\circ}465$	$m_{11} = 11^{\circ}684$	. . .	$k_4 = 0.780$
E	$m_{13} = 11^{\circ}938$	$m_{14} = 12^{\circ}357$	$h_3 = -0.419$	
	$m_{16} = 11^{\circ}943$	$m_{15} = 12^{\circ}357$	$h_4 = -0.414$	
$\frac{\Sigma(h)}{4} = -0''.4152$				$\frac{\Sigma(k)}{4} = 0''.7810$

4-ik mérés Junius 14-én. $t = 18.06$ R.

E	$m_1 = 11.856$	$m_2 = 12.272$	$h_1 = -0.4165$	
	$m_4 = 11.856$	$m_3 = 12.273$	$h_2 = -0.417$	
R	$m_5 = 11.646$	$m_6 = 12.427$	. . .	$k_1 = 0.781$
	$m_8 = 11.630$	$m_7 = 12.411$	. . .	$k_2 = 0.781$
	$m_9 = 11.608$	$m_{10} = 12.390$	. . .	$k_3 = 0.782$
	$m_{12} = 11.596$	$m_{11} = 12.376$	. . .	$k_4 = 0.780$
E	$m_{13} = 11.858$	$m_{14} = 12.273$	$h_3 = -0.415$	
	$m_{16} = 11.850$	$m_{15} = 12.265$	$h_4 = -0.415$	
$\frac{\Sigma(h)}{4} = -0''.4159$				$\frac{\Sigma(k)}{4} = 0''.7810$

5-ik mérés Junius 14-én. $t = 18.06$ R.

R	11.696	12.256	$l_1 = 0.560$		
	11.697	12.256	$l_2 = 0.559$		
	11.695	12.254	$l_3 = 0.559$		
	11.697	12.255	$l_4 = 0.558$		
I	13.795	14.240	. . .	$p_1 = 0.445$	
II	9.506	9.960	. . .	. . .	$q_1 = 0.454$
II	9.469	9.924	. . .	. . .	$q_2 = 0.4541$
I	13.756	1.201	. . .	$p_2 = 0.445$	
R	11.656	12.215	$l_5 = 0.559$		
	11.687	12.215	$l_6 = 0.558$		
	11.656	12.216	$l_7 = 0.560$		
	11.574	12.132	$l_8 = 0.558$		
$\frac{\Sigma(l)}{8} = 0'' 5589$				$\frac{\Sigma(p)}{2} = 0''.445$	$\frac{\Sigma(q)}{2} = 0''.4542$

Az etalon két végén levő darabkák megmérése.

Az egyik darabkára megyen

az osztó-gépen	12.393 csavarforgás.
	12.386
	12.400

közép 12.393 csavarforgás.

A másik darabkára hasonlóképen . 11.308

11.302

közép 11.305 csavarforgás.

A kettő együtt teszen 23'698 csavarforgást.

40'0727 csavarforgás megyen 1"-re bécsi mértékben, tehát a kérdéses darabka hossza = 7''5914, s az etalon értéke 15°-nál = 36.''5914 = Eo.

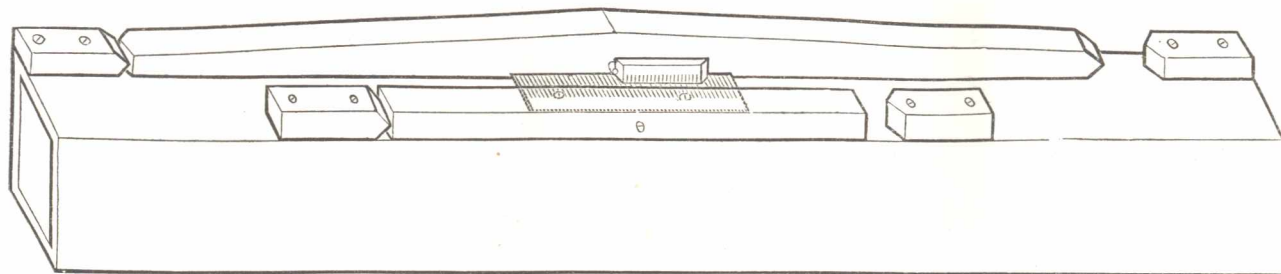
Ezen adatokból a mérőrudak hossza következőképen találtatik:

	I.	II.
az 1-ső mérésből	$2^0 + 0'' \cdot 095$,	$2^0 + 0'' \cdot 086$.
„ 2-ik „	$2^0 + 0'' \cdot 096$,	$2^0 + 0'' \cdot 086$.
„ 3-ik „	$2^0 + 0'' \cdot 100$,	$2^0 + 0'' \cdot 091$.
„ 4-ik „	$2^0 + 0'' \cdot 097$,	$2^0 + 0'' \cdot 088$.
	<hr/>	
	közép $2^0 + 0'' \cdot 097$,	$2^0 + 0'' \cdot 088$.

Ezen középnek valószínű hibája. = 0''0015.

Különösen a 4-ik mérés az, mely inkább eltérő eredményt adott, s az észleletek közt azok, a melyekből a h nye retik, legingadozóbbak. Általában az etalon eltolása jár a legnagyobb nehézséggel; a többi észleletek $\frac{1}{1000}$ hüvelyk ingadozásokat alig mutatnak.

A talált valószínű hiba a rudnak majdnem $\frac{1}{100000}$ részét teszi, úgy hogy a mérő rúd meghatározásában elért pontosság már az országos méréshez megkívántató fokkal bir; azon czél tehát, melynek elérése ezen vizsgálat kezdetekor szemem előtt lebegett, teljesen el lön érve.



Ábra a Schwerdt-féle comparator módosított alkalmazásához.

